



TITLE:

豪雨発生メカニズムを考慮した高
詳細レーダ情報に基づく実時間降
雨予測システム開発に関する研究(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

山路, 昭彦

CITATION:

山路, 昭彦. 豪雨発生メカニズムを考慮した高詳細レーダ情報に基づく
実時間降雨予測システム開発に関する研究. 京都大学, 2020, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2020-07-27

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13365>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	山路 昭彦
論文題目	豪雨発生メカニズムを考慮した高詳細レーダ情報に基づく実時間降雨予測システム開発に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、オンラインかつ実時間で入手可能な高頻度・高分解能なレーダ雨量計による観測データを活用した実時間降雨予測システムの開発を目的とした研究についてまとめたものであって、8章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と目的および本論文の構成についてまとめられている。</p> <p>第2章はレーダ観測値に基づく短時間降雨予測手法についてまとめられている。レーダ雨量計の観測技術の進展について整理するとともに、レーダ観測値を活用した短時間降雨予測手法の特徴とその課題について整理している。</p> <p>第3章は3次元不安定場モデルへの気象庁GPV導入と実時間システム開発についてまとめられている。概念モデルとして不安定場を定義している既開発の3次元不安定場降雨予測モデルに対して、3次元レーダ情報と気象庁GPVデータを併用する手法を開発し、その手法を降雨予測システムに組み込み、実時間での運用を可能としている。この手法により、高層気象観測データのもつ空間的、時間的分解能の粗さを補うことが可能となり、より現実に近い各気象要素の3次元分布を得ることができると同時に、降雨域の予測精度を向上させ、予測対象範囲をレーダ観測領域外にも広げることが可能としている。</p> <p>第4章はXバンドMPレーダ（Xバンド偏波ドップラーレーダ）の特性を生かした短時間降雨予測システムの開発についてまとめられている。広域のCバンドレーダとXバンドMPレーダによる観測雨量の合成について3種類の手法を比較検討している。その結果、全国Cバンド合成レーダで深山・城ヶ森山レーダをバイアス補正した上でXバンドMPレーダと合成する手法が最も優れていることを明らかにしている。この合成手法によってXバンドMPレーダの弱点である電波消散域を補完することができ、欠測域の存在しないメッシュ雨量を安定的に提供することが可能になっている。さらに合成されたレーダデータに基づいた新たな短時間降雨予測システムを構築し、5分更新、250mメッシュで3時間先までの雨量を予測し、その結果を管内の事務所等へリアルタイムに配信することを可能としている。加えて予測時間や出力範囲を限ることで計算時間を短縮し、1分更新を可能とした短時間降雨予測システムも開発している。</p> <p>第5章は2次元セル追跡手法に基づいた短時間降雨予測手法の開発についてまとめられている。高頻度、高分解能な観測が可能な国土交通省のXRAINの観測データを入力値とした、降水セルを抽出・追跡するアルゴリズムに基づき、個々の降水セルに対して個別に移動速度・方向、発達・衰弱を考慮する降雨予測手法を開発している。本手法では、個々のセルの移動ベクトルを活用することで、セル毎の異なる移動を表現す</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	山路 昭彦
<p>ることを可能にし、合わせて降水セルの追跡から得られるセルの面積変化量やセル内平均降雨強度の変化量を外挿することで、従来手法では表現できなかった雨域の発達・衰弱を表現することを可能にしている。本手法により、10分先について、発達・衰弱効果を考慮しない従来手法に比べ高精度な予測結果を得ることができている。</p> <p>第6章は3次元レーダ観測値を活用した局地的豪雨探知システムの開発についてまとめられている。まず、2011年～2012年の2か年から抽出した153個の降水セルに対して、地上降雨開始時の降水セル内の渦の存在の有無によって豪雨セルへの発達の可能性を判別した結果、65.4%の的中率で発達を予測できることを確認している。次に、レーダ反射強度の3次元観測データからエコー頂高度差、鉛直発達速度、鉛直積算反射強度の3指標を算出し、これらに渦度と収束量を加えた5指標に対してファジー理論を適用し、豪雨危険度指数を算出することで、上空の豪雨のタマゴの発達可能性を予測する手法を開発している。この豪雨危険度指数を用いた豪雨への発達可能性の予測の的中率は79.3%となり、渦のみによる場合よりも予測精度が向上している。さらに、この予測手法に基づき豪雨の早期探知システムを構築し、リアルタイムでの情報提供を実現している。</p> <p>第7章はフェーズドアレイレーダの特性を生かした豪雨直前予測情報の活用検討についてまとめられている。まず、豪雨直前予測情報を配信するためのシステムを構築している。システムは、30秒間で上空を3次元的に観測することができるマルチパラメータ・フェーズドアレイレーダ（MP・PAR）の観測データを使用し、1分毎に予測情報を更新して豪雨発生をいち早く捉えることを可能にしている。そして、一般から募集した2000人のモニターを対象として試験配信を行い、アンケートによってその有効性を確認している。</p> <p>第8章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、オンラインかつ実時間で入手可能な高頻度・高分解能なレーダ雨量計による観測データを活用した実時間降雨予測システムの開発を目的として実施した研究成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 概念モデルとして不安定場を定義している既開発の3次元不安定場降雨予測モデルに対して、3次元レーダ情報と気象庁GPVデータを併用する手法を開発している。さらに、その手法を降雨予測システムとして組み込み、実時間での運用を可能としている。
2. CバンドレーダとXバンドMPレーダ（Xバンド偏波ドップラーレーダ）による観測雨量の最適な合成手法を開発し、広域にわたる高分解能・高精度なレーダデータを得ることを可能にしている。さらに、この合成レーダ雨量を初期値とした降雨予測システムを新たに構築し、降雨予測精度を向上させている。
3. 高頻度、高分解能な観測が可能な国土交通省のMPレーダ観測網XRAINによる観測情報を活用することで、個々の積乱雲に対して個別に移動速度・方向、発達・衰弱を考慮する2次元セル追跡法による降雨予測手法を新たに開発している。具体的には、降雨強度3mm/h以上のひと塊の領域が5km²以上の面積を有するものを降水セルとして抽出し、降水セルを時間方向に紐付けすることで追跡を行い、各セルの重心位置から移動方向・速度を、各セルの面積や降雨強度の変化量から発達・衰弱を予測するものである。この手法を用いることにより、従来手法では困難であった局地的かつ急激に発達する降雨を高精度に予測できることが示されている。
4. 近畿地域におけるXRAINを構成する5基のMPレーダの観測値から作成された、1分間隔、水平・鉛直方向ともに格子間隔500m、高度10kmまでの等高度面データに基づき、豪雨のタマゴにおける渦度、収束量、エコー頂高度差、鉛直発達速度および鉛直積算反射強度の5種の指標と豪雨をもたらす降水セルとの関連性を明らかにしている。この結果にファジー理論を適用し、豪雨となる危険度を指数化して予測する手法を開発し、的中率を従来手法より13.9%向上させている。さらに、この判別手法に基づき豪雨の早期探知システムを構築し実時間での情報提供を実現している。
5. 30分先までの雨量予測情報を個人に直接メールで通知する「豪雨直前予測情報」の配信システムを開発し、一般からモニターを募集し試験配信を行い、アンケートを通じてその利用状況、有効性について明らかにしている。

以上のように本論文は、3次元レーダデータや気象庁GPVの降雨予測手法への有効利用方法を示すとともに、豪雨発生メカニズムを考慮した局地的豪雨の実時間予測システムを開発したものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年6月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。